

UKD 556.313/314:556.366:551.252:556.332.62:556.12(438–14 Góry Stołowe)

Stefan KOWALSKI

Charakterystyka hydrogeologiczna źródeł Gór Stołowych

Przedstawiono wyniki badań hydrogeologicznych źródeł polskiej części Gór Stołowych. Przy podziale źródeł zastosowano następujące zespoły kryteriów: siła motoryczna źródeł, środowisko cyrkulacji wody podziemnej oraz kryterium morfologiczno-strukturalne. Reżim hydrogeologiczny źródeł postawiono w drugiej kolejności jako rezultat kryteriów poprzednich.

WSTĘP

W latach 1972–1975 autor prowadził badania wód podziemnych regionu sudeckiego w ramach prac Zakładu Hydrogeologii Uniwersytetu Wrocławskiego (M. Różycki i in., 1975). Ogólne rozpoznanie hydrogeologiczne wykazało, że Góry Stołowe stanowią jeden z głównych obszarów występowania źródeł. Wobec tego powstała potrzeba przeprowadzenia tu szczegółowych badań krenologicznych.

Przedstawiony artykuł stanowi rozwinięcie fragmentu pracy doktorskiej, wykonanej pod kierunkiem doc. dra hab. M. Różyckiego. Określono tu pozycje geologiczno-morfologiczną oraz reżim hydrogeologiczny źródeł.

METODYKA OBSERWACJI ŹRÓDEŁ

Obserwacje terenowe rozpoczęto we wrześniu 1973 r. od rejestracji i opisu wszystkich źródeł występujących w Górach Stołowych. Ogółem udokumentowano 184 źródła na obszarze ok. 144 km², które zestawiono na fig. 1. W opisie każdego źródła podano lokalizację z rzędną wypływu, wydajność, temperaturę wody, temperaturę powietrza oraz datę pomiarów. Opisano również sposób wypływu wody na powierzchnię z uwzględnieniem litostratygrafii i morfologii terenu (S. Kowalski, 1978b).

Wydajność źródeł określono metodą objętościową (przy wydajności poniżej 1 l/s stosowano wyłącznie tę metodę) oraz za pomocą wytarowanych przelewów

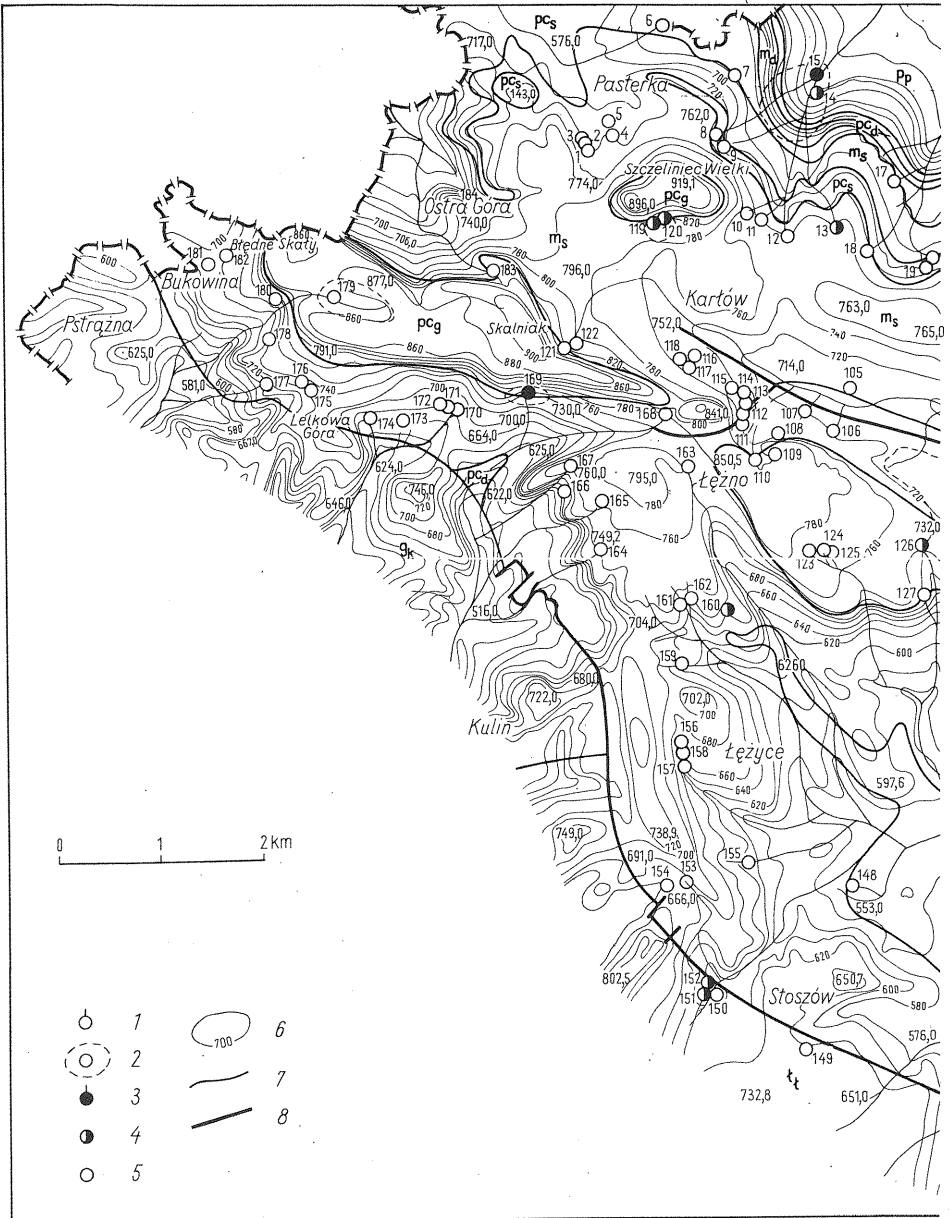


Fig. 1. Mapa rozmieszczenia źródeł na tle geologiczno-hipsometrycznym

1 – źródła obserwowane okresowo; 2 – ujęcia źródeł i większe obszary źródłiskowe; klasy wydajności źródeł (l/s): 3 – powyżej 6, 4 – 0,6–6, 5 – poniżej 0,6; 6 – hipsometria; 7 – granice wydzielen litologicznych: turon górny: pc_s – górny piaskowiec ciosowy, w części spągowej przechodzący w mułowicę krzemionkową; turon środkowy: m_s – skały mułowcowo-margliste, pc_m – środkowy piaskowiec ciosowy; turon dolny: m_d – skały mułowcowo-margliste; cenoman: pc_d – dolny piaskowiec ciosowy; perm: p_p – piaskowiec i zlepieniec; karbon: g_k – granitoid kudowski; prekambry: l – lupek łyszczykowy; 8 – ważniejsze dyslokacje o znaczeniu hydrogeologicznym

**Pozycja litostratygraficzno-morfologiczna źródeł w Górach Stołowych
S. Radwańskiego, 1973**

Stratygrafia		Miąszość (m)	Litologia
Kreda górna	turon górny	0–100	piaskowiec kwarcowy (górnny) z regularną siecią spękań ciosowych, drobno- i średnioziarnisty, dobrze wysortowany, ze spoiwem krzemionkowym
		ok. 40	mułowiec krzemionkowy
	turon środkowy	40–60	mułowiec wapnisto-ilasty i margiel ilasty
		80–250	piaskowiec kwarcowo-skalniowy (środkowy) z regularną siecią spękań ciosowych, różnoziarnisty, słabo wysortowany, ze spoiwem ilasto-węglanowym
		8–25	mułowiec wapnisto-ilasty
turon dolny	40–60	mułowiec wapnisto-krzemionkowy i margiel, mułowiec krzemionkowy (glaukonitowy) i wapnisty	
cenoman	20–33	piaskowiec kwarcowy (dolny) z regularną siecią spękań ciosowych, drobno- i średnioziarnisty, ze spoiwem krzemionkowo-ilastym, w spągu zlepniec kwarcowy	
Perm Karbon Prekambr	podłoże struktury górnokredowej Gór Stołowych		piaskowiec i zlepniec kwarcowy granitoidy kudowskie łupki łuszczycowe

hydrometrycznych: prostokątnego i trójkątnego.

Dla kilkudziesięciu źródeł wykonano oznaczenia głównych składników i własności fizykochemicznych wody.

W następnym etapie prac terenowych wytypowano 14 źródeł do obserwacji okresowych, które prowadzono w odstępach 3–4-tygodniowych w ciągu trzech lat hydrologicznych – 1973–1976. Zakres obserwacji był analogiczny do zakresu dla wszystkich dokumentowanych źródeł, różnił się jedynie częstotliwością. Przy wyborze źródeł do obserwacji okresowych kierowano się ich reprezentatywnością dla całego obszaru Gór Stołowych oraz ich profilu litostratygraficznego

Tabela 1

(interpretacja autora, oparta na podziale stratygraficznym i T. Jerzykiewicza, 1975)

Geomorfologia		Strefy źródłowe
wyższy i niższy próg strukturalny – 920–600 m n.p.m. tworzy masywy piaskowca: Szczelińca, Skalniaka–Błędných Skal, Łężna–Batorowa i Szczytnika		źródła szczelinowo-śródwarstwowe wód wsiąkowych, grzbietowe lub zboczowe
		górną strefą źródłową u podstawy (krawędzi) piaskowca, źródła szczelinowo-kontaktowe, lokalnie szczelinowo-krasowe wód gruntowych oraz źródła rumoszowe
płaskowyż wyższy – 800–750 m n.p.m.: Karłowa, Pasterki, Łężna, Stoszowa		źródła szczelinowo-śródwarstwowe wód przypowierzchniowych, dolinne
niższy próg strukturalny – 750–450 m n.p.m. tworzy północne i północno-wschodnie zbocza Gór Stołowych		źródła szczelinowo-śródwarstwowe wód wsiąkowych, grzbietowe lub dolinne
płaskowyż niższy – 600–459 m n.p.m. tworzy Obniżenie Dusznickie i płaskowyż Szczytnej		liczne strefy źródłowe u podstawy (krawędzi) piaskowca; źródła szczelinowo-kontaktowe i śródwarstwowe wód wsiąkowych i gruntowych, lokalnie źródła rumoszowe, zboczowe
		źródła szczelinowo-śródwarstwowe wód przypowierzchniowych, gruntowych
podstawa morfologiczna Gór Stołowych	część północno-wschodnia	dolna strefa źródłowa u podstawy piaskowca, źródła szczelinowo-kontaktowe wód naporowych i gruntowych, lokalnie źródła rumoszowe, zboczowe
		nieliczne źródła dolinne, szczelinowo-śródwarstwowe, stanowiące przejście z dolnej strefy źródłowej
	część południowa i południowo-zachodnia	nieliczne źródła szczelinowo-rumoszowe wód przypowierzchniowych, zboczowe

i hipsometrycznego. Dla dokładnego określenia ich zmienności w czasie brano pod uwagę źródła o wyższej wydajności. Ważne znaczenie miała również możliwość łatwego dojazdu do źródeł zwłaszcza zimą, ponieważ obserwacje te autor prowadził osobiście, dokonując wszystkich pomiarów zazwyczaj w ciągu jednego dnia. W okresach letnich częstotliwość obserwacji była większa, w ciągu kilkunastotygodniowych corocznych badań terenowych pomiary wykonywano codziennie.

WARUNKI NATURALNE OBSZARU WYSTĘPOWANIA ŹRÓDEŁ

BUDOWA GEOLOGICZNA

Góry Stołowe stanowią najmłodszą strukturę geologiczną synklinorium śród-sudeckiego, zbudowaną z utworów górnokredowych. Profil litologiczno-stratygraficzny przedstawiono w tab. 1.

Powierzchniowy zasięg omawianej jednostki (fig. 1) ograniczony jest:

- od północy i północnego wschodu progiem erozyjnym (Radkowa), który osiąga podłoże piaskowców permskich;
- od północnego zachodu głębokim obniżeniem erozyjnym, oddzielającym omawianą strukturę od brachysynkliny Polic;
- od południa i południowego zachodu uskokiem i skłonem fleksuralnym oddzielającym górnokredowe osady od łupków łyszczykowych metamorfiku bystrzycko-orlickiego i granitoidu kudowskiego;
- od wschodu i południowego wschodu górną kredą rowu Nysy Kłodzkiej o podobnym wykształceniu osadów.

W przedstawionych granicach zawarta jest owalna struktura geologiczna o powierzchni ok. 117 km², rozciągająca się na długości ok. 18 km wzdłuż kierunku NW–SE i szerokości 5–8 km. Zachowana miąższość osadów górnokredowych jest bardzo zróżnicowana, waha się od 0 do ok. 400 m.

Wewnętrzną budowę geologiczną Gór Stołowych określa (S. Kowalski, 1978*b*, praca w druku):

- płytowy lub płytkosynkinalny układ serii skalnych z równoczesnym wychyleniem całej struktury w kierunku południowo-wschodnim;
- z reguły naprzemianległe serie równowiekowych piaskowców i skał mułowcowo-marglistych;
- charakterystyczna oddzielność ciosowa piaskowców o orientacji NW–SE i SW–NE oraz systemy uskoków o podobnej orientacji.

GEOMORFOLOGIA

Góry Stołowe tworzą płaskie stoliwo skalne silnie zróżnicowane morfologicznie i hipsometrycznie. Jest to rezultatem bardzo zaangażowanej działalności erozyjno-denudacyjnej w skałach o na przemian wysokiej i niskiej odporności, jaką charakteryzują się piaskowce oraz mułowce i margle.

Ogólny przebieg łańcucha górskiego (NW–SE) z najwyższym szczytem 919,2 m n.p.m. (Szczeliniec) jest prostopadły do kierunku przeważających wiatrów południowo-zachodnich. Układ taki bardzo wyraźnie wpływa na rozkład opadów atmosferycznych. Obserwowana jest znaczna nadwyżka opadów od strony dowietrznej grzbietu górskiego (ponad 950 mm rocznie) w stosunku do strony zawietrznej (ok. 750 mm). Rozkład taki jest bardzo korzystny dla zasilania wód podziemnych, ponieważ strona dowietrzna zajmuje przeważającą powierzchnię Gór Stołowych (S. Kowalski, 1978*b*).

PODZIAŁ HYDROGEOLOGICZNY ŹRÓDEŁ

Na warunki występowania i rozmieszczenia źródeł wpływa szereg czynników, spośród których najważniejszymi są czynniki geologiczne, hydrauliczne, morfologiczne i klimatyczne. Na ich podstawie opracowano szereg klasyfikacji (m.in. K. Keilhack, 1935; Z. Pazdro, 1964; A. Wiczysty, 1970, B.W. Borewski i in.,

Tabela 2

Główne kryteria podziału hydrogeologicznego źródeł Gór Stołowych

Rodzaj wypływu		Kryterium geohydrodynamiczne			Reżim hydrogeologiczny		
forma skupienia wypływu wody	pochozenie wody źródlanej	siła motoryczna	litologia	morfologia i tektonika	wydajność	wahania wydajności	własności fizykochemiczne wody
<p>Wypływy poza obszar drenażowy (źródła):</p> <ul style="list-style-type: none"> - punktowe, - skupione, - wysięki <p>Wypływy bez powierzchniowego odpływu:</p> <ul style="list-style-type: none"> - torfowiska, - drobne zwilżenia terenu 	<p>Rodzaje wód podziemnych:</p> <ul style="list-style-type: none"> - źródła wód wsiąkowych, - źródła wód przy powierzchniowych (zwietrzelinowych), - źródła wód gruntowych, - źródła wód naporowych (artezyjskich) 	<p>Descenzyjne:</p> <ul style="list-style-type: none"> - przelewowe <p>Ascenzyjne:</p> <ul style="list-style-type: none"> - zaporowe, - pieniawy (gazujące CO₂) 	<p>Z utworów zdiagnozowanych:</p> <ul style="list-style-type: none"> - szczelinowe, - szczelinowo-kontaktowe, - szczelinowo-śródwarstwowe, - szczelinowo-uskokowe, - szczelinowo-krasowe (eksurgenty) - wywierzyska <p>Z utworów sypkich (zwietrzelinowe):</p> <ul style="list-style-type: none"> - rumoszkowe (blokowskie), - źródła wód porowych 	<p>Morfologia terenu:</p> <ul style="list-style-type: none"> - zboczowe (stokowe), - krawędziowe (powierzchni zrównania), - dolinne, - grzbietowe <p>Tektonika:</p> <ul style="list-style-type: none"> - płytowe, - synklinalne: <ul style="list-style-type: none"> upadowe, przeciupadowe, dyslokacyjne 	<p>Kategoria wydajności (O. Meinzer) l/s):</p> <ul style="list-style-type: none"> IV - 6-28 V - 0,6-6 VI - 0,06-0,6 VII - 0,01-0,06 <p>Potencjał zasobności ($\cdot 10^3$ m³):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10-20 - 30-130 <p>Ciągłość wypływu:</p> <ul style="list-style-type: none"> - stałe, - okresowe 	<p>Wskaźnik zmienności (R. Mailleta): klasa 2-mało zmienne R = 2-10 (1, 3, 4 - brak)</p> <p>Współczynnik regresji źródła:</p> <p>0,0078-0,01 0,01-0,072</p>	<p>Temperatura wody (°C) - źródła homotermiczne - chłodne:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5-8 - 8-12 <p>Mineralizacja:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 50-100 mg/dm³ - 100-400 mg/dm³ - wody mineralne 1-4 g/dm³

1976). Nie ma jednak do tej pory jednolitej klasyfikacji źródeł, a nawet ich terminologii. Typ źródła określane tymi samymi czynnikami nazywany jest różnie przez różnych autorów, w zależności od tego, któremu z czynników przypisują główną rolę.

W tab. 2 przedstawiono własny podział źródeł dla Gór Stołowych oparty na takich głównych kryteriach, jak siła motoryczna źródła, środowisko cyrkulacji wody oraz kryterium morfologiczno-strukturalne. Reżim hydrogeologiczny stawiany jest w drugiej kolejności jako rezultat kryteriów głównych. Według wymienionych kryteriów można wyróżnić typy źródeł, a te z kolei podzielić na rodzaje i odmiany.

RODZAJE WYPŁYWÓW WODY PODZIEMNEJ NA POWIERZCHNIĘ TERENU

Obserwacje krenologiczne przeprowadzone w Górach Stołowych wykazały, że wypływy wody podziemnej na powierzchnię mają tutaj ujście poza obszar drenazowy. Źródła te określono jako punktowe, rozproszone lub wysięki.

Wypływy wody podziemnej mogą lokalnie stanowić również obszary zamkniętych zwilżeń powierzchniowych. Reprezentowane są one przez torfowiska, np. Wielkie i Małe Torfowisko Batorowskie oraz mokradło na obszarze Błędnych Skał. Mniejsze zawilżenia powierzchniowe występują często m.in. u południowej podstawy Szczelińca oraz wschodnich zboczy Gór Stołowych.

Typowe źródła zlokalizowane są pojedynczo lub w postaci skupionej. Większe ich skupienia tworzą źródłowe strefy drenazowe o powierzchni dochodzącej często do kilku kilometrów kwadratowych (np. Radków, Wambierzyce i in.). Z zestawienia przedstawionego w tab. 3 wynika, że w Górach Stołowych dominują źródła skupione.

Tabela 3

Udział źródeł pojedynczych, skupionych i innych bez odpływu powierzchniowego

Ogółem		Źródła		Inne wypływy bez odpływu powierzchniowego
		pojedyncze	skupione	
Liczba	166	35	117	14
Procent	100	21	70	9

GENEZA WÓD ŹRÓDLANYCH

Wody podziemne Gór Stołowych związane są z dwoma horyzontami wodo-nośnymi (S. Kowalski, 1978*b*, praca w druku; S. Kowalski, M. Różycki, praca w druku). Dolny horyzont reprezentują wody naporowe (lokalnie artezyjskie), górny zaś wody gruntowe oddzielone od powierzchni strefą aeracji, w której lokalnie występują wody wsiąkowe. W przypadku braku tej strefy, zwłaszcza w dolinach cieków lub większych obniżeniach (np. w Obniżeniu Dusznickim), wody gruntowe przechodzą w typ wód przypowierzchniowych, ściśle związanych z wodami powierzchniowymi. W wody przypowierzchniowe mogą również przechodzić wody naporowe poprzez wody gruntowe.

Ścisła zależność tych zjawisk wynika z korelacji wydajności źródeł i wielkości opadów atmosferycznych. Biorąc pod uwagę brak zasilania omawianej struktury

przez wody innych zlewni, można określić wody podziemne jako infiltracyjne, zasilane w granicach tejże struktury. Podobne zależności obserwował autor na obszarze kredowym Równi Łomnickiej (S. Kowalski, 1975) i w krystalniku Śnieżnika (S. Kowalski, 1978a, c).

SILA MOTORYCZNA ŹRÓDEŁ

W obrębie Gór Stołowych przeważają źródła typu descenzyjnego. Napór hydrauliczny jest tutaj wartością stosunku wysokości położenia zwierciadła wody podziemnej w strefie zasilania do podstawy odniesienia, czyli strefy drenażowej. Lokalną podstawę drenażu tworzą struktury zbocza. Wyływ wody ze źródeł jest zróżnicowany. Obserwowano wypływy powolne i spokojne (np. niektóre źródła w Radkowie i Wolanach) oraz wypływy szybkie i burzliwe (np. źródła w Batorowie, Szczytnej lub Studziennej).

Do źródeł typu descenzyjnego zaliczono źródła przelewowe jako ich szczególnie przypadek. Można przypuszczać, że taki charakter mają niektóre źródła okresowo zanikające.

Typowych źródeł ascenzyjnych jest w Górach Stołowych niewiele. Będą to prawdopodobnie niektóre źródła w strefach dyslokacyjnych określane mianem zaporowych (np. źródła w rejonie Polanicy, Wolan i Chocieszowa oraz Szczytnej).

Źródła mineralne w Polanicy Zdroju są również źródłami ascenzyjnymi, a ze względu na znaczną zawartość CO_2 źródłami gazującymi – pieniawami (np. Wielka Pieniawa).

ŚRODOWISKO CYRKULACJI WÓD PODZIEMNYCH

Intensywność przepływu wód podziemnych określa (oprócz siły motorycznej, jaką jest napór hydrauliczny) sieć szczelin wodonośnych. Jest ona wynikiem charakterystycznej oddzielności ciosowej piaskowców kwarcowych lub kwarcowo-skaleńkowych. Z tego względu wszystkie źródła bijące z utworów zdiagenezowanych zaliczono do źródeł szczelinowych. W zależności od sposobu doprowadzania wody siecią szczelin na powierzchnię wydzielono kilka ich odmian. Źródłami szczelinowo-śródwarstwowymi lub warstwowymi określono wypływy wody podziemnej na powierzchnię zazwyczaj w miejscu erozyjnego rozcięcia warstw wodonośnych. Należy jednak zauważyć, że mianem źródeł warstwowych określa się często źródła wód porowych. Przykładem źródeł szczelinowo-warstwowych są źródła w Szczytnej, Polanicy Górnej oraz ujęte źródła w Radkowie.

W sąsiedztwie naprzemianległego ułożenia piaskowców i skał mułowcowo-marglistych, powyżej stropu tych ostatnich, występują źródła szczelinowo-kontaktowe. Są one zlokalizowane u podstawy górnego piaskowca ciosowego w Batorowie, Polanicy, Studziennej i Skalniaku – Błędnym Skalach.

Obydwie odmiany źródeł reprezentują grupę najbardziej wydajną, tworząc szerokie strefy, i są często wykorzystywane dla potrzeb gospodarczych.

Podrzedną rolę zarówno pod względem częstotliwości występowania, jak i wydajności odgrywają źródła szczelinowo-uskokowe. Wydajność zależy od głębokości występowania drożnej szczeliny dyslokacyjnej oraz sposobu kontaktowania się z nią szczelin wodonośnych. Przykładem jest główna dyslokacja Gór Stołowych, wzdłuż której graniczą ze sobą skały o różnym zawodnieniu: górny piaskowiec ciosowy od strony południowej dyslokacji oraz środkowy piaskowiec ciosowy od jej strony północnej. Po stronie południowej dyslokacji występują bardzo liczne źródła prawdopodobnie szczelinowo-uskokowe, natomiast po stronie północnej

wypływów nie obserwuje się. Źródła szczelinowo-uskokowe zlokalizowane są w rejonie Polanicy Zdroju w obrębie systemów przecinających się uskoków.

W sąsiedztwie strefy dyslokacyjnej oddzielającej skały osadowe Gór Stołowych od metamorfiku bystrzycko-orlickiego brak większej liczby źródeł, na co zwrócił już uwagę A. Leppla (1900), tłumacząc to występowaniem utworów o słabej przepuszczalności. Z tego powodu istnieje mała możliwość akumulowania i cyrkulacji wody w tej strefie.

Oprócz źródeł bijących z utworów zdiagenezowanych obserwowano wypływy z utworów sypkich, które reprezentuje obfita pokrywa zwietrzelinowa często w postaci rumoszu skalnego (blokowisk).

KRYTERIUM MORFOLOGICZNE

Większość źródeł w Górach Stołowych znajduje się w miejscach erozyjnego rozcięcia warstw wodonośnych. Bardzo silne zróżnicowanie hipsometryczne obszaru oraz jego budowa krawędziowa spowodowały, że źródła te występują na zboczach (źródła zboczowe) lub u ich podstawy (źródła krawędziowe) — na krawędzi będącej granicą między piaskowcem a marglem lub mułowcem. Przykładem mogą być wszystkie źródła u podstawy tzw. Urwiska Batorowskiego, Skłonu Radkowa lub Skalniaka — Błędných Skał.

Mniej liczną grupę stanowią źródła dolinne, skupione w dolinach większych cieków, jak: Bystrzyca Dusznickiej, Kamiennego Potoku, Czerwonej Wody i in.

Jeszcze mniejszą grupę reprezentują źródła grzbietowe, obserwowane w obszarze Skalniaka — Błędných Skał. Przyczyną ich braku jest powszechne występowanie w szczytowych partiach Gór Stołowych piaskowców ciosowych, które umożliwiają szybką infiltrację wody w głębsze partie struktury.

KRYTERIUM GEOLOGICZNO-STRUKTURALNE

Płytkosynkinalny lub płytowy sposób zalegania naprzemianległych serii piaskowców ciosowych i skał mułowcowo-marglistych sprzyja występowaniu wypływów ze szczelin poziomych, zapadających pod kątem kilku stopni w kierunku przeciwnym do większości kierunków drenażowych. Wychylenie badanej struktury pod kątem kilku stopni w kierunku SE umożliwia również odpływ po upadzie warstw. Lokalnie przepływ wód może być związany ze strefami dyslokacji, które zaburzają ciągłość struktury.

REŻIM HYDROGEOLOGICZNY ŹRÓDEŁ

W ramach badań reżimu źródeł prowadzono obserwacje wydajności i jej zmian w czasie oraz składu chemicznego i własności fizycznych wody źródlanej. Z zestawienia przedstawionego w tab. 4 wynika, że brak jest źródeł kategorii I — III, natomiast w zakresie występujących kategorii przeważają źródła o małej wydajności — poniżej 0,6 l/s.

Na podstawie pomiarów dokonanych podczas trzyletnich obserwacji obliczono wskaźnik zmienności źródeł (tab. 5). Z zestawienia wynika, że w Górach Stołowych występują — według klasyfikacji R. Mailleta — wyłącznie źródła mało zmienne.

Dla kilku źródeł przedstawiono wahania wydajności dla całego okresu prowa-

Tabela 4

Średnie wydajności źródeł według kategorii O. Meinzera

Kategorie	IV	V	VI	VII
Wydajność (l/s)	28–6	6–0,6	0,6–0,06	0,06–0,01
Liczba źródeł	7	30	113	16
Procent źródeł	4	18	68	10

dzenia obserwacji. Wydajności te porównano z wielkością opadów atmosferycznych notowanych w najbliższej stacji opadowej IMGW. Z zestawienia wynika, że zależność wydajności źródeł od zasilania opadami jest bardzo wyraźna, a okres opóźnienia reakcji źródła nie przekracza kilku dni. Tak niewielkie opóźnienie reakcji wydajności źródeł na opady atmosferyczne może świadczyć o bliskiej infiltracji do sieci szczelin zasilających dane źródło.

Na zasilanie szybciej reagują źródła położone wyżej (fig. 2), np. źródła w Batorowie i Szczytnej. Podobne wyniki obserwacji uzyskano badając zmienność wód mineralnych Polanicy Zdroju (J. Fistek, 1966; B. Kopociński, 1970).

ANALIZA KRZYWYCH REGRESJI ŹRÓDEŁ

Dla szczegółowej charakterystyki środowiska zasilającego poszczególne źródła w okresach bezopadowych (co w przypadku Gór Stołowych ze względu na krótki czas reakcji można przyjmując jako okresy braku zasilania), prowadzono obserwacje z dużą częstotliwością. Z pomiarów tych zestawiono krzywe regresji źródeł średnie dla okresu trzyletniego (fig. 3). Każde źródło charakteryzuje odmienna krzywa, wskazująca na sposób opróżniania sieci szczelin wodonośnych zasilających dane źródło. Dla interpretacji krzywych regresji posłużono się wzorem R. Mailleta:

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$$

gdzie: Q_t – zasilanie podziemne źródła w czasie t ; Q_0 – wydajność źródła na początku opróżniania sieci szczelin wodonośnych; t – czas szczypty zasobów odnawialnych; α – współczynnik regresji źródła.

Na podstawie otrzymanych wartości obliczono potencjał zasobności źródeł W (G. Castany, 1972). Wyniki obliczeń W i α przedstawiono w tab. 5.

Współczynniki regresji źródeł zgrupowane są w dwóch przedziałach: 0,0078 – 0,01 i 0,01 – 0,072. Wskazują one na zróżnicowane tempo opróżniania sieci szczelin wodonośnych. Najwolniej reagują źródła w Szczytnej, Studziennej i Radkowie. Ich strefy wodonośne są najbardziej zasobne. Najszybsze reakcje wykazują źródła położone wyżej, tj. w Batorowie, Wambierzycach, Jeleniej Głowie i in.

Wyniki obserwacji wskazują na zmienny reżim hydrogeologiczny źródeł w Górach Stołowych. Stosując podział źródeł ze względu na sposób wahań ich wydajności, można wydzielić źródła fluacyjne oraz przejściowe do infiltracyjnych (źródła o reżimie mieszanym). Źródła fluacyjne cechuje szybka zmiana wydajności i wyraźna reakcja na początki opadów atmosferycznych: od kilku dni do jednego tygodnia. Prawie każdej ilości opadów odpowiada wzrost wydajności źródła. Cechuje je również niezbyt długi okres podwyższonych wydajności. Przykładem tego typu są źródła w rejonie Batorowa i Wolan.

Tabela 5

Charakterystyka wahań wydajności źródeł w Górach Stołowych

Numer źródła	Lokalizacja	Wydajność (l/s)		Wskaźnik zmienności wieloletniej $U = \frac{Q \text{ max}}{Q \text{ min}}$	Współczynnik regresji źródła (α)	Potencjał zasobności horyzontu wodonośnego (W) w tys. m ³
		$Q \text{ max}$	$Q \text{ min}$			
85	Batorów	4,5	0,5	9	0,0255	10,2
79	Polanica	6,0	2,8	2,1	—	—
169	Karłów	16,0	7,5	2,1	—	—
67+68	Polanica Górna	2,1	0,3	7,0	—	—
80	Szczytna	9,0	2,0	4,5	0,0089	67,9
14	Radków	2,0	0,8	2,8	0,010	19,5
62	Wolany	1,8	0,3	6,0	0,0622	30,6
146	Duszniki	3,0	0,5	6,0	—	—
34	Jelenia Głowa	2,7	0,6	4,5	0,02	19,4
37	Stuzienna	4,5	1,5	3,0	0,0078	33,2
29	Wambierzyce, ujęcie źródeł	90	17	5,3	0,0647	45,4
	Radków, ujęcie źródeł	130	44	3,0	0,058	82,0
149	Stoszów	0,9	0,2	4,5	—	—
151	Stoszów	1,4	0,3	4,6	—	—

Zmiany składu fizykochemicznego wody

Numer źródła	Lokalizacja	Zapis Kurtowa	pH	Twardość ogólna (mval/dcm ³)	Warstwa wodonośna
85	Batorów	M 0,04–0,08 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 28–60, SO}_4 \text{ 42–63, Cl 8–20}}{\text{Ca 61–91, Mg 10–28, Na+K 9–30}}$ T 6,3–7	6,3 –6,95	0,7–1,2	turon górny: górny piaskowiec ciosowy
92	Polanica	M 0,07–0,1 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 38–53, SO}_4 \text{ 30–34, Cl 17–26}}{\text{Ca 63–82, Mg 10–28, Na+K 8}}$ T 6,5–7,5	6,0 –7,0	0,9–1,0	
169	Karlów	M 0,07–0,1 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 36–53, SO}_4 \text{ 35–37, Cl 12–29}}{\text{Ca 46–95, Mg 0–52, Na+K 2–6}}$ T 5,7–7,0	6,5 –7,5	1,4–3,2	
67+68	Polanica Górna	M 0,03–0,1 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 25–38, SO}_4 \text{ 46–47, Cl 15–28}}{\text{Ca 61–75, Mg 16–27, Na+K 6–13}}$ T 5,5–6,0	5,2 –6,0	0,8–1,4	turon środkowy: piaskowiec
80	Szczytna	M 0,23–0,33 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 80–90, SO}_4 \text{ 8–14, Cl 2–9}}{\text{Ca 77–82, Mg 12–18, Na+K 3–10}}$ T 8,6–9	6,3– 6,5	3,9–4,6	mułowiec
14	Radków	M 0,18–0,19 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 72–73, SO}_4 \text{ 24–27, Cl 0–3,7}}{\text{Ca 81–88, Mg 3–15, Na+K 3–9}}$ T 5,5–7,5	6,5 –6,98	2,6–3,4	piaskowiec
62	Wolany	M 0,11–0,16 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 60–72, SO}_4 \text{ 27–35, Cl 3–4}}{\text{Ca 88–90, Mg 3–7, Na+K 4–5}}$ T 5–8,6	6,5 –7,0	2,1–2,6	mułowiec
146	Duszniki	M 0,13–0,15 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 88, SO}_4 \text{ 8,5, Cl 3,5}}{\text{Ca 96, Mg 0, Na+K 4}}$ T 7–7,5	6,0 –6,5	2,1–2,3	piaskowiec

Numer źródła	Lokalizacja	Zapis Kurlowa	pH	Twardość ogólna (mval/dcm ³)	Warstwa wodonośna
34	Jelenia Głowa	M 0,08–0,1 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 70, SO}_4 \text{ 23, Cl 7–13}}{\text{Ca 90–94, Mg 3–6, Na+K 3–4}}$ T 6–7	6,5–7,2	0,9–1,1	cenoman: piaskowiec
37	Stuzienna	M 0,15–0,19 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 62–82, SO}_4 \text{ 15–28, Cl 3–10}}{\text{Ca 66–97, Mg 0–16, Na+K 3–18}}$ T 6,5–7	6,5–6,8	2,4–3,9	piaskowiec
29	Wambierzyce	M 0,07–0,1 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 45, SO}_4 \text{ 41, Cl 3}}{\text{Ca 82, Mg 8, Na+K 10}}$ T 6,8–7,3	6,8–7,6	0,8–1,3	piaskowiec
15	Radków	M 0,13–0,16 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 56–64, SO}_4 \text{ 26–28, Cl 9–17}}{\text{Ca 81–87, Mg 7–14, Na+K 4–5}}$ T 7–7,8	7–7,6	1,8–2,5	perm: piaskowiec
149	Stoszów	M 0,24–0,3 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 68, SO}_4 \text{ 24, Cl 8}}{\text{Ca 79, Mg 25, Na+K 3}}$ T 6–8,1	7–7,5	3,8–4,4	prekambr: łupek tyszczykowy
151	Stoszów	M 0,28–0,32 $\frac{\text{HCO}_3 \text{ 91, SO}_4 \text{ 7, Cl 2}}{\text{Ca 52, Mg 46, Na+K 2}}$ T 6–7,8	6,95–7,5	5,2	wapień krystaliczny

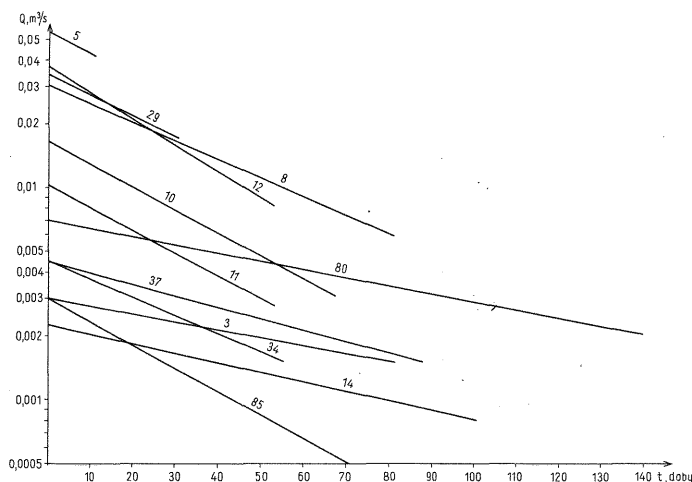


Fig. 3. Proste reprezentatywne dla krzywych regresji wydajności źródeł (wyznaczone z trzyletniego okresu obserwacji)

Straight lines representative of regression curves of spring output (based on observations carried out during three years)

Q – wydajność; t – czas mierzony od początku regresji wydajności źródła; liczby nad prostymi – numery źródeł; proste bardziej strome (85, 10–12) wskazują na reżim fluacyjny źródeł, natomiast proste mniej strome (80, 3, 37, 14) na reżim częściowo fluacyjny

Q – output; t – time measured from the beginning of regression of spring output; numbers above straight lines – numbers of springs; steeply inclined lines (85, 10–12) indicate fluational regime of springs, and gently inclined (80, 3, 37, 14) – partly fluational regime

Źródła typu mieszanego charakteryzują się nieco powolniejszą i bardziej płynną zmianą wydajności o niższej amplitudzie. Wydajności minimalne są stosunkowo stałe w czasie, a okresy podwyższonej wydajności wyraźnie dłuższe i stałe w porównaniu z typem fluacyjnym, np. źródło w Szczytnej i Studziennej.

WŁASNOŚCI FIZYKOCHEMICZNE WÓD ŹRÓDLANYCH

Podczas badań terenowych wykonano z ok. 50 źródeł 160 skróconych analiz chemicznych wody, z czego większość przeprowadzona była samodzielnie przez autora, część zaś w Pracowni Chemicznej Instytutu Nauk Geologicznych. Wybrane wyniki analiz przedstawiono w tab. 6. Z zestawienia wynika, że są to wody o niskiej mineralizacji 30–330 mg/l, o charakterze wodorowęglanowo-wapniowym. Mineralizacja mieści się wyraźnie w dwóch przedziałach: 50–100 i 100–400 mg/l. W pierwszym przypadku są to wody związane z płytkim krążeniem w obrębie szczelin wyłącznie piaskowców ciosowych, w drugim zaś – z dłuższym kontaktem ze skałami mułowcowo-marglistymi.

Osobne zagadnienie stanowią źródła szczaw zgaszanych dwutlenkiem węgla rejonu Polanicy Zdroju, których mineralizacja sięga 1–4 g/dm³.

Pod względem twardości ogólnej wody źródeł Gór Stołowych zaliczane są do bardzo miękkich i średnio twardych, przy czym przeważają wody miękkie (1,5–3,0 mval/dcm³).

Odczyn ich jest obojętny i słabo kwaśny (pH 5,5–7,6), przy czym dominują wartości pH 6–7. Niższe pH obserwuje się w wodach przepływających tylko przez górny piaskowiec ciosowy.

Wszystkie pomiary okresowe wskazują na nieznaczne wahania temperatury wód w granicach $1-2^{\circ}\text{C}$, niezależnie od pory roku. Różnice temperatur wody między poszczególnymi źródłami mieszczą się w przedziale od $5,5$ do 12°C . Wartości te zbliżone są do średniej temperatury rocznej w Górach Stołowych, która wynosi $9-11^{\circ}\text{C}$.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. Na występowanie źródeł i ich reżim hydrogeologiczny mają głównie wpływ stosunkowo znaczne opady atmosferyczne (średnio 850 mm rocznie) oraz ich rozkład, tzn. znacznie wyższe opady od strony dowietrznej łańcucha górskiego, która obejmuje większą część badanego obszaru.

2. Ze względu na sposób wypływu wody podziemnej na powierzchnię mamy do czynienia ze źródłami pojedynczymi i źródłiskami, przy czym wyraźnie przeważają źródła skupione, zgrupowane w postaci stref źródłowych.

3. Główną grupę stanowią źródła descenzyjne, których siła motoryczna wynika z krótkiego przepływu wód podziemnych od miejscowego zasilania w górnych partiach struktury do podstawy drenażu badanego obszaru. Mniejszą grupę stanowią źródła ascenzyjne, koncentrujące wody podziemne w wyniku spiętrzenia w strefach nieciągłości (np. źródła wód mineralnych).

4. Cyrkulacja wód podziemnych odbywa się poprzez sieć szczelin wodonośnych o charakterze ciosu. W zależności od położenia szczelin w obrębie skał przepuszczalnych wydzielono źródła głównie o charakterze szczelinowo-śródwarstwowym oraz szczelinowo-kontaktowym.

5. Z punktu widzenia kryterium strukturalnego źródła rozmieszczone są w strefach rozmycia erozyjnego płytowo-płytkosynklinalnego zalegania warstw skalnych o kilkustopniowym upadzie szczelin pokładowych do centrum struktury, z jednoczesnym wychyleniem całej struktury ku południowemu wschodowi.

6. Ze względu na znaczne zróżnicowanie hipsometryczne Gór Stołowych oraz zerodowanie ich zboczy, zazwyczaj aż do ich podłoża, dominują źródła erozyjno-zboczowe.

7. Pod względem wydajności wyraźnie przeważają źródła VI klasy według klasyfikacji O. Meinzera (tj. $0,06-0,6$ l/s). Zgodnie z klasyfikacją zmian wydajności prawie wszystkie źródła mieszczą się w grupie mało zmiennych ($R = 2-10$). Współczynniki regresji omawianych źródeł grupują się w dwóch przedziałach: $0,0078-0,01$ oraz $0,01-0,072$. Źródła cechują się rytmem wahań wydajności charakterystycznym dla źródeł fluacyjnych i przejściowych do infiltracyjnych.

8. Wody źródlane o charakterze wodorowęglanowo-wapniowym cechują się niską suchą pozostałością $30-330$ mg/dcm³ (z wyjątkiem wód mineralnych). Pod względem twardości należą do wód miękkich. Temperatura źródeł w ciągu całego roku jest stała, natomiast między poszczególnymi źródłami wykazuje różnice rzędu kilku stopni. Powyższe własności fizykochemiczne wód źródłanych są ściśle związane ze środowiskiem litologicznym Gór Stołowych.

PIŚMIENICTWO

- CASTANY G. (1972) – Poszukiwanie i eksploatacja wód podziemnych. Wyd. Geol. Warszawa.
- FISTEK J. (1966) – Dokumentacja hydrogeologiczna złóż wód leczniczych Polanicy Zdroju. Arch. OTU. Warszawa.
- JERZYKIEWICZ T. (1975) – Pozycja geologiczna osadów górnokredowych depresji śródsudeckiej i rowu Nysy Kłodzkiej. Przew. XLVII Zjazdu Pol. Tow. Geol., p. 225–252. Warszawa.
- KEILHACK K. (1935) – Lehrbuch der Grundwasser und Quellenkunde. Berlin.
- KOPOCIŃSKI B. (1970) – Matematyczne ujęcie analizy statystycznej hydrogeologicznych źródeł mineralnych Polanicy Zdroju. Arch. OTU. Warszawa.
- KOWALSKI S. (1975) – Źródła poziomu kredowego w Młotach. Przew. XLVII Zjazdu Pol. Tow. Geol., p. 262–265. Warszawa.
- KOWALSKI S. (1978a) – Kilka obserwacji hydrogeologicznych źródeł na obszarze masywu Śnieżnika. Acta Univ. Wratisl. Pr. Geol.-Min., nr 5, p. 344–345. Wrocław.
- KOWALSKI S. (1978b) – Wody podziemne w skałach górnokredowych Gór Stołowych. Arch. Inst. Nauk Geol. U. Wr. Wrocław.
- KOWALSKI S. (1978c) – Wstępna charakterystyka źródeł na obszarze zlewni Wilczki (masyw Śnieżnika). Acta Univ. Wratisl. Pr. Geol.-Min., nr 5, p. 339–341. Wrocław.
- KOWALSKI S. (praca w druku) – Litologia, struktury sedimentacyjne i tektonika górnej kredy Gór Stołowych. Przewodnik geologiczny po Sudetach. Wyd. Geol. Warszawa.
- KOWALSKI S., RÓŻYCKI M. (praca w druku) – Ważniejsze wystąpienia wód podziemnych (źródeł) na obszarze Sudetów Środkowych. Przewodnik geologiczny po Sudetach. Wyd. Geol. Warszawa.
- LEPPLA A. (1900) – Geologisch-hydrographische Beschreibung des Niederschlagsgebietes der Glätzer Neisse (oberhalb der Steinemündung). Abh. Preuss. Geol. Landesant. N.F., 32. Berlin.
- PAZDRO Z. (1964) – Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol. Warszawa.
- RADWAŃSKI S. (1973) – Niecka śródsudecka i rów górnej Nysy Kłodzkiej. W: Budowa geologiczna Polski, T. I Stratygrafia, cz. 2. Mezozoik, p. 628–640. Warszawa.
- RÓŻYCKI M., KRYZA J., ZAKOWICZ E., KOWALSKI S. (1975) – Wody podziemne regionu sudeckiego. Pr. Hydrogeol. Inst. Geol. Warszawa
- WIECZYSTY A. (1970) – Hydrogeologia inżynierska. Warszawa. Kraków.
- БОРЕВСКИЙ Б.В., ХОРДИКАЙНЕН М.А., ЯЗВИН Л.С. (1976) – Разведка и оценка эксплуатационных запасов месторождений подземных вод в трещиннокарстовых пластах. Изд. Недра. Москва.

Стефан КОВАЛЬСКИ

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИСТОЧНИКОВ СТОЛОВЫХ ГОР

Резюме

В статье приводятся результаты гидрогеологического изучения источников в польской части Столовых гор. Эти данные получены путём полевых наблюдений автора, проводимых в 1973–1976 годах. Наблюдалось 184 источника, расположенных на площади около 144 км².

По способу вытекания на поверхность источники разделены на: одиночные, сконцентрированные и сочащиеся. Преобладают сконцентрированные источники, образующие зоны.

Циркуляция подземных вод происходит по водоносным трещинам отдельно. В зависимости от положения трещины в проницаемой породе, автором выделены источники трещинно-

-внутрипластовые и трещинно-контактные.

В структурном отношении источники размещены по краям пластов, в которых падение горизонтальных трещин, равное нескольким градусам, направлено к центру структуры, которая в то же время наклонена на юго-восток.

Главную группу составляют нисходящие источники, действующие под влиянием кратковременного притока подземных вод от места питания в кровельной части структуры к локальному основанию дренажа. Вертикальные трещины играют большую роль в питании водоносных горизонтов, а горизонтальные в оттоке из дренажа в виде источников. Меньшую группу составляют восходящие источники, концентрирующие подземные воды в результате их подпора в зонах нарушений.

На проявления и гидрогеологический режим источников влияют обильные атмосферные осадки (в среднем 850 мм в год) и их распределение. Значительно больше осадков падает с наветренной стороны горной цепи, которая занимает большую часть изучавшейся площади. Ввиду большой гипсометрической дифференцированности Столовых гор (360—919 м в.у.м.) и эрозии их склонов, здесь преобладают эрозионно-склоновые источники.

По дебитам преобладают источники VI класса по классификации О. Минцера (0,06—0,6 л/сек). Согласно классификации изменчивости дебитов, почти все источники относятся к группе малоизменчивых ($R = 2-10$), а коэффициенты регрессии группируются в двух пределах от 0,0078 до 0,01 и от 0,01 до 0,072.

Воды источников отличаются низким сухим остатком: 50—400 мг/дм³ (за исключением зоны минеральных вод) и относятся к гидрокарбонатно-кальциевому типу. Характерной чертой подземных вод в Столовых горах было постоянство температуры каждого источника во всё время наблюдения. Зато разница температур для разных источников составляла несколько градусов. Физикохимические свойства вод источников обусловлены литологией пород Столовых гор.

Stefan KOWALSKI

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SPRINGS IN THE GÓRY STOŁOWE MTS

Summary

The paper presents the results of hydrogeological studies on springs in Polish part of the Góry Stołowe Mts. The studies were based on results of field works covering about 184 springs in the area of about 144 km² in the years 1973—1976.

Taking into account the mode of groundwater outflow at terrain surface, the springs were classified as single, clustered and seepage springs. Clustered springs, grouped in the form of spring zones, markedly predominate here.

Groundwater circulation was found to be related to a network of water migration routes of the joint type. Depending on distribution of fissures in permeable rocks, the springs were assigned to fissure-intraformational or fissure-contact type.

Taking into account structural criteria, it may be noted that the springs are distributed along marginal parts of beds with horizontal fissures dipping at the angle of about a dozen degrees towards the center of the structure which, in turn, is inclined south-eastwards.

The major group of springs here comprises descensional ones, with motional force related to short-distance flow of groundwater from the supply area in top parts of the structure to local drainage base. The contribution of vertical fissures is markedly high in the case of supply of aquifers

and that of horizontal fissures – in the case of outflow from drainage in the form of springs. The group of ascensional springs, concentrating groundwater due to its rise in discontinuity zones, is smaller.

The distribution and hydrogeological regime of springs are influenced by intensity (850 mm per year at the average) and favourable distribution of atmospheric precipitation. The precipitation is markedly more intense at windward side of the mountain range, comprising the major part of the studied area. Because of marked differentiation in hypsometry of the Góry Stołowe Mts (from 360 to 919 m a.s.l.) and erosion affecting slopes of that structure, erosional-slope springs predominate here.

With reference to the output, springs belonging to the VIth class in the O. Meinzer's subdivision (0.06–0.6 l/sec) predominate here. In accordance with classification of changes in the output, almost all the springs fall within the interval of weakly changeable ones ($R = 2-10$) whereas regression coefficients are concentrated in two intervals, from 0.0078 to 0.01 and 0.01 to 0.072, respectively.

Spring waters, except for those from the zone of mineral waters of the hydrocarbonate-calcium type, are characterized by low content of dry residuum: 50–400 mg/dm³. Groundwaters of the Góry Stołowe Mts are characterized by stable temperature in a given spring throughout the time of studies. In turn, differences in water temperature between individual springs are of the order of a few degrees. Physico-chemical properties of spring waters appear to be closely related to lithological environment of the Góry Stołowe Mts.